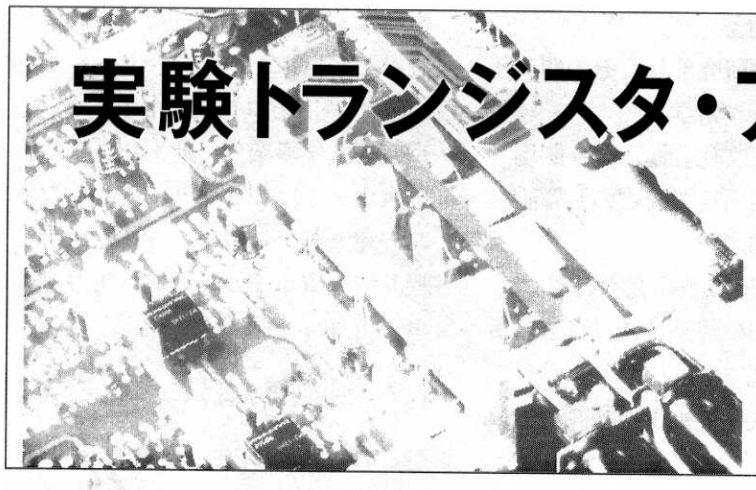


実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

12AX7のSRPPのシミュレーション

前回は6EW7のSRPPをシミュレーションしました．今回は12AX7をシミュレーションします．まずは**第1図**をご覧ください．

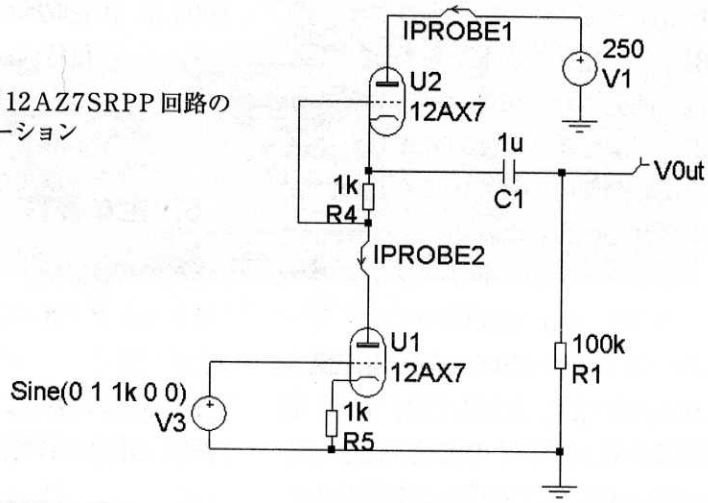
U1のグリッドに1kHz/2Vppのサイン波を入力したときの出力Voutのフーリエ解析を**第2図**に示します．

●基本波振幅は37.28V

●第2調波振幅は0.578V

したがって2次ひずみ率は1.55%です．3次以上のひずみは無視できるほど小さくなっています．

〈第1図〉
双3極管12AZ7SRPP回路のシミュレーション



(1) 負荷抵抗と2次ひずみの関係

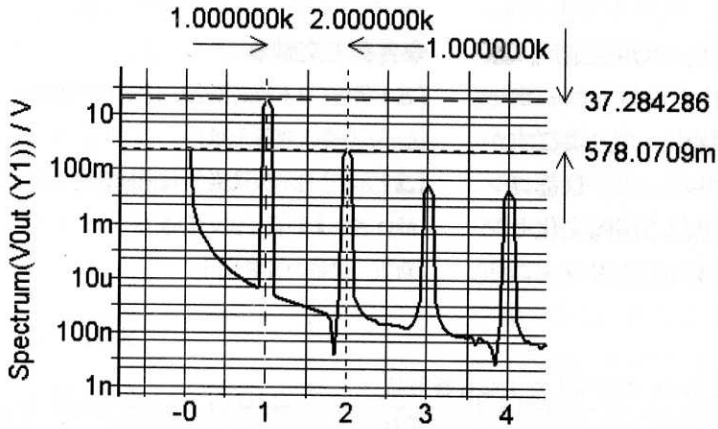
第1図の回路に上記のサイン波を入力したときのU1とU2のプレート電流波形を**第3図**に示します．

U1のプレート電流は0.93mAの上下に±0.4mA振れています．一方，U2のプレート電流はほとんど直流（0.93mA）です．つまりU2は定電流回路として動作しています．換言すると，**第1図**の回路はシングル動作です．

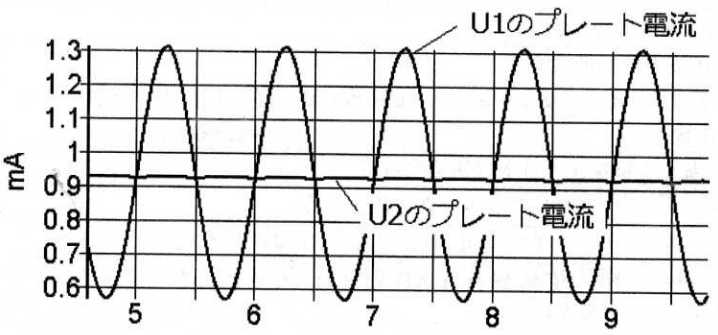
しかし負荷抵抗の値を変えればPP動作が可能です．負荷抵抗を10kΩ～100kΩまで変化させたときの2次ひずみ率を**第4図**に示します．

負荷抵抗＝16kΩにおいてひずみは最小（0.032%）になっています．このときのU1とU2のプレート電流波形は**第5図**のとおりです．

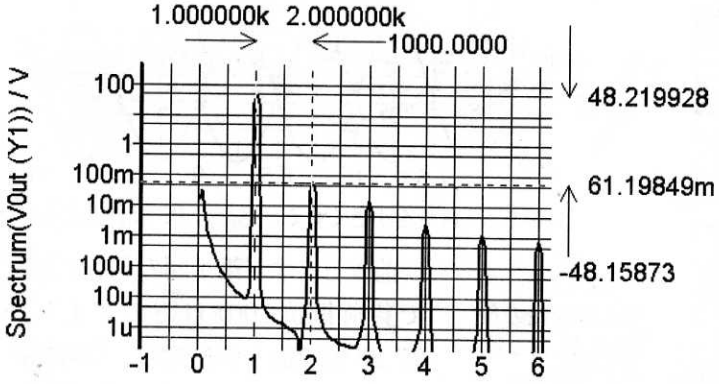
2つの電流波形は同振幅・逆位相ですから完璧なPP動作である，といえます．このときのVoutのフー



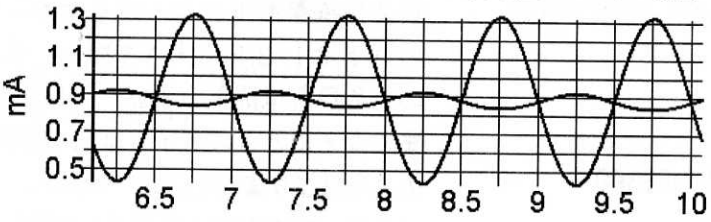
〈第2図〉
第1図の回路の出力のフーリエ解析



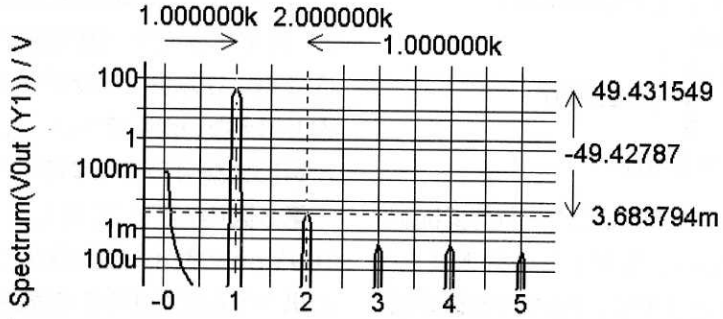
〈第3図〉
第1図の回路のU1，U2のプレート電流波形



〈第9図〉第8図カソード・フォロワ回路の出力電圧のフーリエ解析



〈第11図〉第10図の回路のU1，U2のプレート電流波形

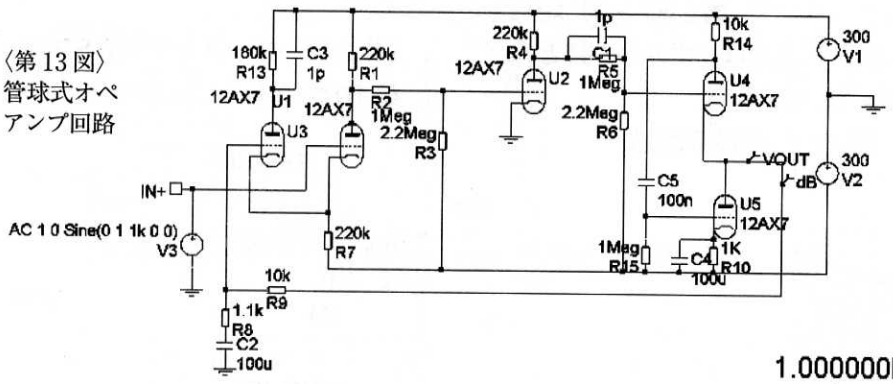


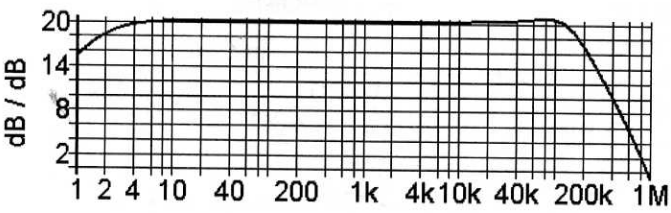
〈第12図〉第10図の回路の出力電圧のフーリエ解析

した．R3の両端に発生する信号電圧をU1のグリッドに印加して位相を反転し，PP動作をさせようという目論見です．残念ながらR3=20kΩでは完全なPPになりません（**第11図**参照）．

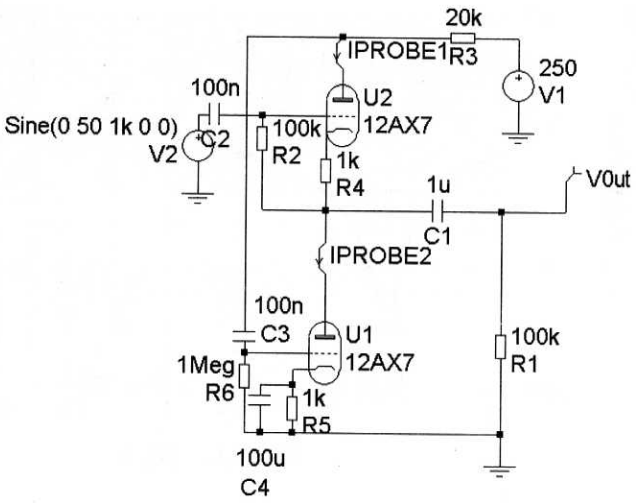
しかし，Voutの FFTは**第12図**のとおりです．2次ひずみ率は0.0074%です．球アンプとしては驚異的な低ひずみです．

〈第13図〉
管球式オペアンプ回路





〈第14図〉第13図の回路の周波数特性

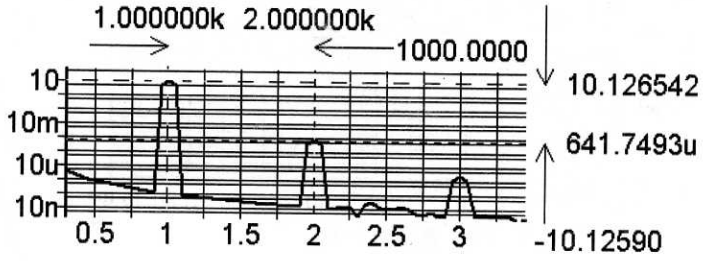


〈第10図〉カソード・フォロワ型SRPP回路のシミュレーション

管球式オペアンプ

第13図のような球アンプの出力段にSRPPを採用しました．このアンプはDCからゲインがあります．したがって，オペアンプとして機能します．実は，この回路は有名な管球式オペアンプのGAP/R社K2-Wをアレンジしたものです（参考文献：アナログデバイス（著）電子回路技術研究会（監修，翻訳）「OP大全」第2章p.36，CQ出版，2014/3/17発行）．

ここでは閉ループ・ゲイン=20dBのフラット・アンプにしています．ただし，出力オフセット電圧を最小にするため，帰還回路にC2=100μFを挿入しました．**第14図**に周波数特性を示します．1kHz/2Vppサイン波を入力したときのVoutのFFTを**第14図**に示します．2次ひずみ率は0.0063%です．



〈第15図〉第13図の回路の出力電圧のフーリエ解析